Зан.№2 Основы электронной теории, Атомный вес,валентность.зонная теория,уровень Ферми.

Контрольные вопросы:

1. Что характеризуют энергетические уровни и ковалентная связь?
2. Используя зонную теорию твердого тела дать определение для
   а) **проводника** изобразить зонную энергетическую диаграмму
   б) **полупроводника** изобразить зонную энергетическую диаграмму
   в) **диэлектрика** изобразить зонную энергетическую диаграмму
3. Принцип Паули, пояснить смысловое значение квант(фотон), спин
4. Каким образом для химического элемента определяют атомный номер?
5. Каким образом для химического элемента определяют валентность ?
6. Какие полупроводники используют в электронном производстве?

Домашнее задание:
1.Изучить основные положения зонной теории твёрдого тела
2.Применение зонной энергетической диаграммы

Цель работы:Составить и оформить конспект.
Изучение: Основ электронной теории, Атомный вес,валентность.зонная теория,уровень Ферми.Применение зонных энергетических диаграмм при изучении полупроводников и их свойств.
Познакомится и понять, как применять зонную теорию твёрдого тела на примерах.
Составить и оформить конспект с ответами, используя навыки совместной коллективной работы в партнёрстве с другими студентами группы.
Методические указания:
При составлении и оформлении отчёта следует придерживаться рекомендаций.
Содержание отчета: Вести рабочую тетрадь с конспектом и выполненными практическим занятиями 1.Конспект 2. Ответы на контрольные вопросы 3.практические задания:
В отчете следует указать:
Цель занятия, тему работы. Дата и порядковый номер занятия, изучить материал, основная часть (составить конспект занятия,), выполнить согласно требованиям: разборчиво, выделять главное.
Практическая часть:
1. Баллы начисляются при условии полноты ответа на 80% и выше.
2. Выполненное задание должно быть оформлено в рабочую тетрадь.

Современной физикой доказано, что электроны в твердом теле не могут обладать произвольной энергией. Энергия каждого электрона может принимать лишь определенные значения, называемые ***уровнями энергии*** или ***энергетическими уровнями.***Электроны, расположенные ближе к ядру атома, обладают меньшими энергиями, т. е. находятся на более низких энергетических уровнях. Чтобы удалить электрон от ядра, надо преодолеть их взаимное притяжение, а следовательно, затратить некоторую энергию. Поэтому удаленные от ядра электроны обладают большими энергиями, т. е. находятся на более высоких энергетичеких уровнях.

Когда электрон переходит с более высокого энергетического уровня на более низкий, выделяется некоторое количество энергии, называемое *квантом* или *фотоном.* Если атом поглощает один квант энергии, то электрон переходит с более низкого энергетического уровня на более высокий. Таким образом, энергия электронов изменяется только квантами, т. е. определенными порциями.**Один электронвольт равен энергии, которая необходима для переноса электрона в электростатическом поле между точками с разницей потенциалов в 1В.**

В соответствии с так называемой *зонной теорией твердого тела* энергетические уровни объединяются в зону. Электроны внешней оболочки атома заполняют ряд энергетических уровней, составляющих *валентную зону.* Валентные электроны участвуют в электрических и химических процессах. Более низкие энергетические уровни входят в состав других зон, заполненных электронами (на рисунке не изображены), но эти зоны не играют роли в явлениях электропроводности.

В металлах и полупроводниках существует большое число электронов, находящихся на более высоких энергетических уровнях. Эти уровни составляют *зону проводимости.* Электроны этой зоны, называемые *электронами проводимости,* совершают беспорядочное движение внутри тела, переходя от одних атомов к другим. Именно электроны проводимости обеспечивают высокую электропроводность металлов.

Атомы вещества, отдавшие электроны в зону проводимости, можно рассматривать как положительные ионы. Они располагаются в определенном порядке, образуя *пространственную решетку,* называемую иначе *ионной* или *кристаллической.* Такое состояние вещества соответствует равновесию сил взаимодействия между атомами и минимальному значению общей энергии всех частиц тела. Внутри пространственной решетки происходит беспорядочное движение электронов проводимости.

Распределение электронов по уровням энергии изображают схематически так, как на рис. 1.1. Горизонтальными линиями показаны уровни энергии *W* электрона.

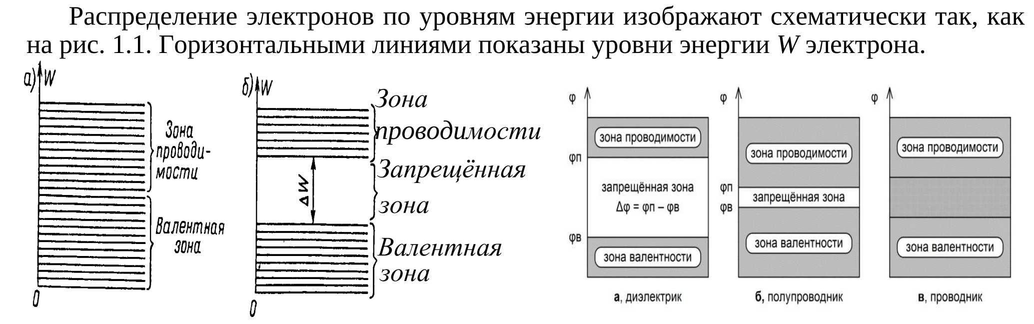


Рис. 1.1. Схема уровней энергии электронов для металла (а) и диэлектрика (б)

Рис. 1.1, а показывает, что у металлов зона проводимости непосредственно примыкает к валентной зоне. Поэтому при нормальной температуре в металлах большое число электронов имеет энергию, достаточную для перехода из валентной зоны в зону проводимости. Практически каждый атом металла отдает в зону проводимости по крайней мере один электрон. Таким образом, число электронов проводимости в металлах не меньше числа атомов.

Иная энергетическая структура характерна для диэлектриков. У них между зоной проводимости и валентной зоной существует *запрещенная зона,* соответствующая уровням энергии, на которых электроны не могут находиться (рис. 1.1, б). Ширина запрещенной зоны, т. е. разность между энергией нижнего уровня зоны проводимости и верхнего уровня валентной зоны, составляет несколько электрон-вольт. При нормальной температуре у диэлектриков в зоне проводимости имеется только очень небольшое число электронов, и поэтому диэлектрик обладает ничтожно малой проводимостью. Но при нагревании некоторые электроны валентной зоны, получая добавочную энергию, переходят в зону проводимости, и тогда диэлектрик приобретает заметную проводимость.

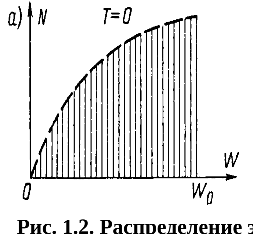
У диэлектрика в зоне проводимости имеется только очень небольшое число электронов, и поэтому диэлектрик обладает ничтожно малой проводимостью. Но при нагревании некоторые электроны валентной зоны, получая добавочную энергию, переходят в зону проводимости, и тогда диэлектрик приобретает заметную проводимость.

У полупроводников зонная диаграмма подобна изображенной на рис. 1.1, б, но только ширина запрещенной зоны меньше, чем у диэлектриков, и в большинстве случаев составляет около одного электрон-вольта. Поэтому при низких температурах полупроводники являются диэлектриками, а при нормальной температуре значительное число электронов переходит из валентной зоны в зону проводимости.

На рис. 1.1, а изображена схема уровней энергии, или *зонная энергетическая диаграмма,* для металла. Следует отметить, что в действительности схема эта сложнее, число уровней в ней очень велико и распределены они неравномерно. Можно построить диаграмму распределения электронов по уровням энергии (рис. 1.2). Здесь *W0* — наибольшая энергия, которой обладают электроны при температуре, равной абсолютному нулю *(T* = 0).

По горизонтали отложена энергия *W,* а вертикальные отрезки изображают число электронов *N,* обладающих данным значением энергии (в действительности число этих отрезков очень велико). Диаграмма на рис. 1.2, *а* соответствует температуре абсолютный нуль. Она показывает, что число электронов, не имеющих энергии, равно нулю. Чем больше значение энергии, тем больше электронов обладает такой энергией. Максимальное число электронов имеет энергию *W0.* Для более высокой температуры показана диаграмма на рис. 1.2, *б.* В этом случае некоторое число электронов имеет энергию больше *W0* и соответственно уменьшается число электронов с энергией меньше W0. Число электронов с более высокой энергией, чем W0, убывает по мере возрастания энергии. Чем выше температура, тем больше максимальная энергия Wmax.

Для изготовления полупроводниковых приборов используются германий (Ge) и кремний (Si), имеющие валентность, равную 4. Внешние оболочки атомов германия или кремния имеют четыре валентных электрона. Пространственная кристаллическая решетка состоит из атомов, связанных друг с другом валентными электронами, называемая ковалентной или парноэлектронной, изображена на рис. 1.3. Как видно, вокруг каждой пары атомов движутся по орбитам два валентных электрона, показанные на рисунке жирными точками. В условном плоскостном изображении такой кристаллической решетки (рис. 1.4) ковалентные связи показаны в виде прямых линий, а электроны — по-прежнему в виде точек (иногда для упрощения электроны вообще не показывают).



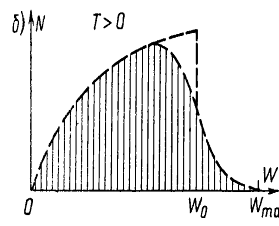


Рис. 1.2. Распределение электронов в металле по уровням энергии

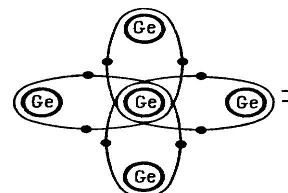


Рис. 1.3. Ковалентная связь между атомами германия

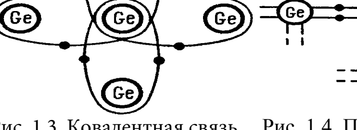


Рис. 1.4. Плоскостная схема кристаллической решетки германия

АТОМНЫЙ НОМЕР (порядковый номер) - Z, номер химического элемента в периодической системе элементов. Равен числу протонов в атомном ядре и определяет химические и большинство физических свойств атома.

Квантовая статистика - это раздел статистической физики, исследующий системы, которые состоят из огромного числа частиц, подчиняющимся законам квантовой механики. Так зависимость скорости молекул газа при данной температуре (распределение Максвелла) или частицы в потенциальном поле при данной температуре(распределение Больцмана).

Квант в основе понятия лежит представление о том, что некоторые физические величины могут принимать только определённые значения (говорят, что физическая величина квантуется). В некоторых важных частных случаях эта величина или шаг её изменения могут быть только целыми кратными некоторого фундаментального значения[1] — и последнее называют квантом. Например, энергия монохроматического электромагнитного излучения угловой частоты ω, может принимать значения $(N+1/2)\hbar\omega$ где $\hbar$ — редуцированная постоянная Планка, а N — целое число. В этом случае $\hbar\omega$ - имеет смысл энергии кванта излучения (иными словами, фотона), а N— смысл чи́сла этих квантов (фотонов). В смысле, близком к этому, термин квант был впервые введен Максом Планком в его классической работе 1900 года — первой работе по квантовой теории, заложившей её основу. Вокруг идеи квантования с начала 1900-х годов развилась полностью новая физическая концепция, обычно называемая **квантовой физикой.**

В квантовой механике принято собственные моменты вращения элементарных частиц называть **спином**. Момент вращения элементарных частиц очень удобно измерять в минимальных квантах вращения. Так и говорят, что, например, спин фотона вдоль оси такой-то равен (+1). Это означает, что у этого фотона момент вращения равен одному кванту вращения по часовой стрелке относительно выбранной оси. Или говорят, что спин электрона вдоль оси такой-то равен (-1/2). Это означает, что у этого электрона момент вращения равен половине кванта вращения против часовой стрелки относительно выбранной оси.

В классической статистической физики, в которой частицы различимы (частицу можно отличить от всех подобных ей частиц , например по траектории движения), в **квантовой механике**, коллективы частиц с целым и полуцелым спинами подчиняются разным статистикам. Частицы с полуцелым спином подчиняются принципу Паули, по которому на данном энергетическом уровне могут находится не больше двух частиц, различающихся направлением спинов. Распределение по энергиям таких частиц называется распределением Ферми-Дирака. Для частиц с целым спином или нулевым (а к таким частицам относятся ядра с четными массовыми и зарядовыми номерами, а-частицы, некоторые молекулы) статистическое распределение по энергии имеет иной вид и называется распределением Бозе - Эйнштейна.